



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 **Gebrauchsmusterschrift**  
10 **DE 200 04 439 U 1**

51 Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**G 01 B 11/00**  
G 05 D 3/14  
H 01 L 21/66  
G 01 R 31/28  
// G06K 9/32

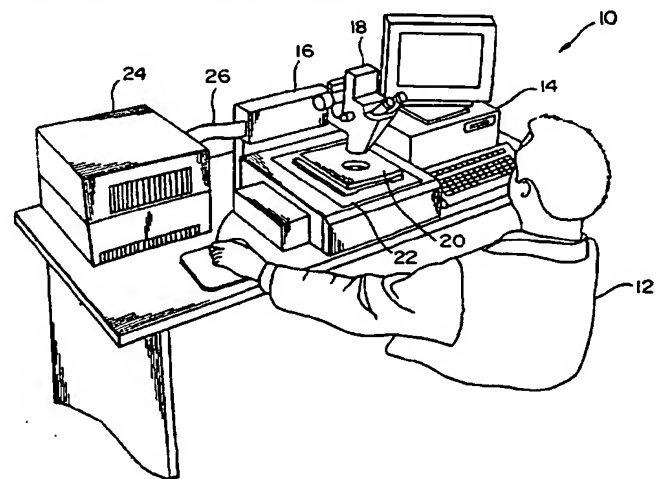
21 Aktenzeichen: 200 04 439.7  
22 Anmeldetag: 9. 3. 2000  
47 Eintragungstag: 5. 10. 2000  
43 Bekanntmachung  
im Patentblatt: 9. 11. 2000

DE 200 04 439 U 1

- 30 Unionspriorität:  
265105 09.03.1999 US
- 73 Inhaber:  
APPLIED PRECISION, INC., Issaquah, Wash., US
- 74 Vertreter:  
Grünecker, Kinkeldey, Stockmair & Schwanhäusser,  
80538 München

54 **Sondenkartenuntersuchungssystem zur Bestimmung der Relativpositionen von Sondenspitzen**

57 Sondenkartenuntersuchungssystem zur Bestimmung der Relativpositionen von Sondenspitzen, die allgemein bekannte Abmessungen aufweisen, und allgemein bekannte Positionen auf einer Sondenkarte, wobei vorgesehen sind:  
eine Vergleichsplatte, auf welcher mehrere regelmäßig angeordnete, optisch wahrnehmbare Vergleichsmarkierungen vorgesehen sind, welche in vorbestimmten, bekannten Abständen angeordnet sind, wobei die Vergleichsplatte weiterhin eine Kontaktoberfläche für mehrere der Sondenspitzen festlegt;  
ein elektronisches Abbildungsgerät mit mehreren Abbildungselementen, die in einem adressierbaren Feld angeordnet sind, wobei jedes Element wesentlich kleiner ist als eine erwartete Größe eines Bildes einer ersten Sondenspitze;  
eine optische Vorrichtung zur Ausbildung eines Bildes mehrerer der Vergleichsmarkierungen und der ersten Sondenspitze in Kontakt mit der Kontaktoberfläche auf dem Abbildungsgerät; und  
eine Bildverarbeitungsvorrichtung zum Adressieren jedes der Abbildungselemente, um exakt ein Zentrum des ersten Sondenspitzenbildes und die Relativentfernung und Richtung des ersten Sondenspitzenbildzentrums in Bezug auf ein Bild einer der Vergleichsmarkierungen zu bestimmen, wodurch Relativpositionen der ersten Sondenspitze und einer zweiten Sondenspitze in gleichzeitigem Kontakt mit der Kontaktoberfläche und von der Bildverarbeitungsvorrichtung abgebildet, festgestellt werden können.



DE 200 04 439 U 1

09.03.00

VERFAHREN UND EINRICHTUNG ZUR BESTIMMUNG  
DER RELATIVPOSITIONEN VON SONDENSPITZEN AUF EINER ALS  
GEDRUCKTE SCHALTUNG AUSGEBILDETEN SONDENKARTE

BESCHREIBUNG

Die Erfindung betrifft Halbleitertestgeräte. Insbesondere betrifft die Erfindung Stationen für die Halbleitersondenkartenuntersuchung, die Überarbeitung, und die Schrubbmarkierungsuntersuchung.

Verschiedene Geräte und Techniken wurden zu dem Zweck entwickelt, die Hersteller integrierter Schaltungen beim Testen derartiger Schaltungen zu unterstützen, während diese noch in Form von Dies auf Halbleiterwafern vorhanden sind. Um schnell und selektiv elektrische Verbindungen zwischen Kontaktanschlußflächen auf jedem Die mit dem elektrischen Testgerät durchzuführen, werden Felder aus dünnen Drähten oder anderen Kontaktmedien bereitgestellt. Die Kontaktmedien sind auf herkömmlichen gedruckten Schaltungsplatinen angeordnet, so daß sie auf den metallisierten Kontaktanschlußflächen angeordnet werden können, die jedem Halbleiterdie zugeordnet sind. Wie Fachleuten auf diesem Gebiet bekannt ist, wurden derartige Testkarten in Form gedruckter Schaltungen als "Sondenkarten" oder "Sondenfeldkarten" bekannt.

DE 200 04 439 U1

09.03.00

Mit zunehmender Bauteildichte von Halbleiterschaltungen hat die Anzahl an Kontaktflächen zugenommen, die jedem Die zugeordnet sind. Es ist heutzutage nicht unüblich, daß ein einzelner Die mehr als 600 Anschlußflächen hat, die elektrisch dem Die zugeordnet sind. Bei den metallisierten Anschlußflächen selbst kann die Spaltbreite dazwischen so niedrig sein wie 10  $\mu\text{m}$ , mit einem Zentrumsabstand in der Größenordnung von 50  $\mu\text{m}$  bis 100  $\mu\text{m}$ . Dies hat dazu geführt, daß die dünnen Sondendrähte der Sondenfeldkarten erheblich dichter gepackt wurden. Es ist äußerst wünschenswert, daß die freien Enden oder "Spitzen" der Sonden in einer gemeinsamen Horizontalebene ausgerichtet sind, und eine ordnungsgemäße Positionierung in Bezug aufeinander innerhalb der Ebene aufweisen, so daß dann, wenn die Sonden auf die metallisierten Anschlußflächen des Die's einer integrierten Schaltung heruntergedrückt werden, die Sonden im wesentlichen gleichzeitig landen, und mit gleicher Kraft, während sie sich auf dem Ziel befinden. Die hier benutzten Begriffe "Landung", "Ruhe" und "erster Kontakt" sollen dieselbe Bedeutung haben. Bei dem Vorgang der Herstellung eines elektrischen Kontakts mit den Anschlußflächen wird mit den Sonden ein "Hinausfahren" durchgeführt, wodurch die Sonden aus ihrer Ruhelage ausgelenkt werden. Diese Bewegung wird als "Schrubben" bezeichnet, und muß in Betracht gezogen werden, wenn festgestellt wird, ob die Ruhelage und die Hinausfahrposition der Sonden innerhalb der Vorgabe für die Sondenkarte liegen.

Der Inhaber der vorliegenden Erfindung hat Geräte zum Testen der elektrischen Eigenschaften, der Ebenheit und der horizontalen Ausrichtung, sowie der Schrubbeigenschaften verschiedener Sondenkarten entwickelt, und verkauft derartige

DE 200 04 439 U1

09.03.00

Geräte unter seiner Modellreihe der Marke Precision Point™ von Sondenkartfeldtest- und Überarbeitungsstationen. Ein signifikantes Bauteil dieser Stationen stellt eine ebene Arbeitsoberfläche dar, die als "Prüfplatte" bekannt ist. Eine Prüfplatte simuliert den Halbleiterdie, mit dem ein Test durchgeführt wird, mit einer Sondenkarte, während die voranstehend geschilderten Eigenschaften der Sonden untersucht werden. Eine geeignete Prüfplatte zum Einsatz bei den Geräten des Inhabers mit der Bezeichnung Precision Point™ ist im einzelnen in dem US-Patent Nr. 4 918 379 von Stewart et al beschrieben, das am 17. April 1990 erteilt wurde, und dessen Offenbarung in die vorliegende Anmeldung durch Bezugnahme eingeschlossen wird. Zum Zwecke der vorliegenden Beschreibung ist es ausreichend zu wiederholen, daß die Prüfplatte, während die betreffende Sondenkarte in einer festen Position gehalten wird, horizontal in Stufen bewegt wird, wenn die horizontale Relativpositionierung getestet wird, und vertikal in Schritten bewegt wird, wenn der Landungskontakt und die Hinausfahrposition jeder Sondenspitze getestet wird. Bislang, wie dies auch in dem voranstehend erwähnten Patent beschrieben ist, wurde Horizontalpositionsinformation für jede Sondenspitze dadurch bestimmt, daß mit einer isolierten Sondenspitze eine Translationsbewegung in Stufen über Widerstands-Diskontinuitäten auf der Prüfplatte durchgeführt wurde. Vor einigen Jahren wurde diese Vorgehensweise dadurch geändert, daß ein transparentes optisches Fenster in der Oberflächenkontaktebene der Prüfplatte mit ausreichend großen Oberflächenabmessungen angeordnet wurde, so daß eine Sondenspitze dort aufliegen konnte. Eine elektronische Kamera, welche die Sondenspitze durch das Fenster betrachtet, digitalisiert das anfängliche Landebild der Sonde, sowie eine verschobene Position der Sonden infolge des "Schrubbens",

DE 200 04 439 U1

09.03.00

wenn die Prüfplatte angehoben wird, um ein "Hinausfahren" der Sonde durchzuführen. Die anfängliche Landeposition wird mit der erwarteten Landeposition verglichen, um einen Benutzer beim erneuten Ausrichten dieser speziellen Sonde zu unterstützen.

Eine weitere bekannte Vorgehensweise zur Bestimmung relativer Sondenspitzenpositionen in einer horizontalen Ebene (beispielsweise X-Y-Ebene) ist im US-Patent Nr. 5 657 394 von Schwartz et al beschrieben, dessen Offenbarung in die vorliegende Anmeldung durch Bezugnahme eingeschlossen wird. Das dort beschriebene System verwendet eine Präzisionsbewegungsstufe zum Positionieren einer Videokamera, zu einer bekannten Position zur Betrachtung von Sondenpunkten durch ein optisches Fenster. Eine Untersuchung des Videobildes und der Stufenpositionsinformation wird dazu verwendet, die Relativpositionen der Sondenpunkte zu bestimmen. Bei Systemen dieses Typs wird eine "Bezugs-"Sondenposition primär mit Hilfe von Information von der Videokamera bestimmt, kombiniert mit Positionsinformation von der Präzisionsstufe. Wenn der Teilungsabstand der Sonden auf der Sondenkarte ausreichend klein ist, können zwei oder mehr Sonden gleichzeitig mit der Videokamera abgebildet werden. Die Position dieser benachbarten Sonde wird dann in Bezug auf die "Bezugs-"Sonde aus Information nur von der Videokamera bestimmt. Die Kamera wird dann zu einer dritten Sonde neben der zweiten Sonde bewegt, und dieser Vorgang wird wiederholt, bis jede Sonde auf der gesamten Sondenkarte abgebildet wurde.

Bei jedem der voranstehend geschilderten Sondenpositionsbestimmungsverfahren sind eigene, spezielle Einschränkungen vorhanden. Das Verfahren, das in dem Patent

DE 200 04 439 U1

09.03.00

'374 von Stewart et al beschrieben wird, verläßt sich wesentlich auf die Wiederholbarkeit und Genauigkeit der Stufe, welche die Translationsbewegung der Prüfplatte in Bezug auf die Sondenstifte durchführt. Obwohl die Position jeder Sondenspitze eindeutig in Bezug auf eine Bezugsposition der Stufe bestimmt wird, gibt es inhärente Beschränkungen in Bezug auf die Auflösung der Stufe (also die Größe des kleinsten linearen Inkrements, um welches ein Mikropositionierungsgerät die Stufe unter elektronischer Steuerung bewegen kann). Daher ist dieses Verfahren nicht einsetzbar, wenn die gewünschte Toleranz in Bezug auf die Sondenstiftposition kleiner ist als die Auflösung der Mikropositionierungsstufe.

Mit dem Verfahren, das in dem Patent '394 von Schwartz et al beschrieben wird, kann theoretisch eine erheblich höhere Genauigkeit erreicht werden, da dann, sobald die Position der "Bezugssonde" bestimmt wurde, die Position jeder anderen Sondenspitze in dem Sondenspitzenfeld in Bezug aufeinander bestimmt wird, unter Verwendung der Videokamera (typischerweise einer CCD-Kamera). Moderne CCD-Arrays können Bildelemente (also Pixel) aufweisen, die Zentrumsentfernungen in der Größenordnung von  $7,0\text{ }\mu\text{m}$  oder weniger aufweisen. Daher ist die Auflösung dieses Systems sehr hoch. Allerdings gibt es bei diesem Verfahren zwei prinzipielle Einschränkungen. Die erste Einschränkung betrifft einen kleinen Fehler, der bei jeder Messung auftritt, die mit dem CCD-Array durchgeführt wird. Diese Fehler sind kumulativ für jede nachfolgende Sonde, die hinterher gemessen wird. In einem Feld mit 600 oder mehr Sonden kann daher der Positionsmeßfehler der 600sten Sonde relativ groß sein. Eine offensichtliche Lösung für dieses Problem bestände darin, ein CCD-Array bereitzustellen, welches sämtliche Sondenspitzen

DE 200 04 439 U1

09.03.00

gleichzeitig abbilden kann. Unglücklicherweise nimmt die Größe von Sondenkartefeldern in Form gedruckter Schaltungen (also die Anzahl an Sondenspitzen pro Sondenkarte) schneller zu als die Größe von CCD-Arrays. Wie Fachleuten auf dem Gebiet der Halbleiterherstellung wohl bekannt ist, nimmt die Schwierigkeit der Herstellung größerer Halbleiter-Dies geometrisch mit der Fläche des Die's zu, wogegen die Fähigkeit zur Erhöhung des Teilungsabstands von Sondenkarten in Form gedruckter Schaltungen nicht auf diese Weise eingeschränkt ist. Die zweite Einschränkung betrifft die inhärente Genauigkeit des optischen Systems, welches das Bild der Sondenstiftspitzen bildet. Das Patent Nr. '394 beschreibt kein Verfahren zum Kompensieren optischer Aberrationen oder Ungenauigkeiten der Ausrichtung des optischen Systems.

Beim Versuch, mit den voranstehend geschilderten Schwierigkeiten fertig zu werden, stellt der Inhaber der vorliegenden Erfindung eine Sondenkartenuntersuchungs- und Überarbeitungsstation mit der Bezeichnung PRVX™ her, welche eine Videoverfahren zum Abbilden von Sondenspitzen auf einer Sondenkarte in Form einer gedruckten Schaltung verwendet, wobei als Bezugsgröße für jede Messung die Position der Stufe dient, statt eine benachbarte Sondenspitze. Daher ist die Bestimmung der kartesischen Horizontalposition für jede Sonde entsprechend genau. Allerdings nähern sich moderne Sondenkarten in Form gedruckter Schaltungen, die Sondendichten von mehr als 600 Sonden aufweisen, an die Auflösungsgrenzen eines derartigen Hybridsystems an. Offensichtlich wird an einem gewissen Punkt sowohl die Größe von Sondenkartefeldern in Form gedruckter Schaltungen als auch die Unterteilungsdichte der Sondenspitzen die Fähigkeiten derartiger Systeme übersteigen. Darüber hinaus gibt es, wie dies voranstehend bereits beschrieben wurde,

DE 200 04 439 U1

09.03.00

inhärente mechanische Grenzen für die Genauigkeit, Wiederholbarkeit und Auflösung der mechanischen Stufen, auf welche sich sämtliche bekannte Systeme an einem gewissen Punkt während des Meßvorgangs verlassen. Beispielsweise sind mechanische Systeme dieser Art an sich Abmessungsänderungen infolge von Temperaturschwankungen, mechanischem Verschleiß, Reibung und dergleichen ausgesetzt. In gewissem Ausmaß können diese Variablen durch numerische Verfahren oder Positionskodierer kompensiert werden. Dennoch besteht ein Bedürfnis nach einem Untersuchungssystem für Sondenkarten in Form gedruckter Schaltungen, welches eine verbesserte Auflösung, Genauigkeit und Wiederholbarkeit im Verlauf der Zeit aufweist.

Ein Vorteil der vorliegenden Erfindung besteht daher in der Bereitstellung eines Verfahrens und einer Einrichtung zur Bestimmung der Relativpositionen von Sondenspitzen in einem Sondenkartenfeld, welche eine hohe Auflösung, Wiederholbarkeit und Genauigkeit aufweisen.

Ein weiterer Vorteil der vorliegenden Erfindung besteht in der Bereitstellung eines Verfahrens und einer Einrichtung zur Bestimmung der Relativposition von Sonden in einem Sondenkartenfeld, die nicht von der Genauigkeit einer mechanischen Stufe abhängen.

Ein weiterer Vorteil der vorliegenden Erfindung besteht darin, daß die voranstehenden Vorteile bei einem Verfahren und einer Einrichtung zum Bestimmen der Relativpositionen von Sonden in einem Sondenkartenfeld erreicht werden, welche eine minimale Anzahl an Landungen einzelner Sondenspitzen auf einer Sondenkartenprüfplatte erfordern.

DE 200 04 439 U1



09.03.00

Die Erfindung erreicht diese und weitere Vorteile, die aus der nachstehenden Beschreibung noch deutlicher werden, durch Bereitstellung eines Sondenkartenuntersuchungssystems, welches eine Vergleichsplatte aufweist, die mehrere regelmäßig angeordnete, optisch wahrnehmbare Vergleichsmarkierungen auf sich enthält. Die Markierungen sind in regelmäßigen Abständen voneinander angeordnet. Diese Abstände können wesentlich größer sein als eine erwartete Größe einer typischen Sondenspitze, oder können etwa der erwarteten Entfernung zwischen den Sondenspitzen entsprechen. Das System enthält ein elektronisches Abbildungsgerät, welches mehrere Abbildungselemente aufweist, die in einem adressierbaren Feld angeordnet sind. Jedes Abbildungselement ist wesentlich kleiner als die erwartete Größe eines Bildes einer Sondenkartensondenspitze. Das elektronische Abbildungsgerät, beispielsweise ein CCD-Array, erzeugt ein vergrößertes Bild der Vergleichsmarkierungen und einer oder mehrerer Sondenspitzen, die in Kontakt mit einer Kontaktoberfläche in der Nähe der Vergleichsmarkierungen stehen. Ein Bildprozessor adressiert jedes der Abbildungselemente, um die Position einer Sondenspitze oder mehrerer Sondenspitzen in dem Sondenkartenfeld in Bezug auf die Vergleichsmarkierungen zu bestimmen.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird die Position einer ersten Sondenspitze in Bezug auf eine Indexmarkierung auf der Vergleichsplatte bestimmt. Die Position einer darauffolgenden Sondenspitze in Bezug auf eine benachbarte Vergleichsmarke wird darauf bestimmt. Die Position jeder Vergleichsmarkierung in Bezug auf die Indexmarkierung ist bekannt (beispielsweise durch elektronisches Zählen von Vergleichsmarkierungen). Daher wird die Positionierung jeder Sondenspitze in Bezug auf die

DE 200 04 439 U1

09.03.00

Indexmarkierung auf der Vergleichsplatte bestimmt. Aus dieser Information kann die Relativposition jeder Sondenspitze in Bezug auf die anderen Sondenspitzen mit einem minimalen Meßfehler erhalten werden, statt unter Bezugnahme auf eine externe Bezugsgröße, beispielsweise die Position einer Präzisionsstufe oder eines anderen Geräts, welches eine Translationsbewegung des elektronischen Abbildungsgerätes durchführt. Insoweit das elektronische Abbildungsgerät nicht ausreichend groß ist, um sämtliche Sonden gleichzeitig abzubilden, wird mit dem Abbildungsgerät eine horizontale Translationsbewegung in Bezug auf die Vergleichsplatte durchgeführt, um jede der Sondenspitzen abzubilden.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung können die Vergleichsmarkierungen so angeordnet sein, daß sie im wesentlichen koplanar zu einer Kontakt- oder Landeoberfläche auf der Vergleichsplatte angeordnet sind. Bei einer alternativen Ausführungsform können die Vergleichsmarkierungen in einer Ebene angeordnet sein, die parallel zur Kontaktoberfläche verläuft, jedoch gegenüber dieser versetzt ist. Bei dieser alternativen Ausführungsform können die Oberfläche, auf welcher die Vergleichsmarkierungen vorgesehen sind, und die Kontaktoberfläche jeweils durch Quellen monochromatischen Lichtes mit unterschiedlichen Wellenlängen beleuchtet werden, die so ausgewählt werden, daß ein Bild der Kontaktoberfläche und der die Vergleichsmarkierungen aufweisenden Oberfläche in einer gemeinsamen Brennebene zur Verfügung gestellt wird. Vorzugsweise werden die Vergleichsmarkierungen durch Ionenätzung oder Säureätzung direkt in einer Saphirplatte angebracht, oder werden durch Dampfablagerung mit photolithographischen Verfahren abgelagert.

DE 200 04 439 U1

09.03.00  
10

Das Untersuchungssystem bei einer bevorzugten Ausführungsform ist weiterhin mit einem Bildaufnahmegerät versehen, welches eine elektronische Schaltung und/oder einen Mikroprozessor aufweist, sowie ein Computerprogramm, um die Vergrößerung des Bildes der Vergleichsmarkierungen und eine Drehung oder Verzerrung des Bildes der Vergleichsmarkierungen in Bezug auf das elektronische Abbildungsgerät zu kompensieren.

Bei einem Verfahren gemäß einer bevorzugten Ausführungsform wird mit dem elektronischen Abbildungsgerät eine Translationsbewegung in Bezug auf die Vergleichsplatte mit einer elektromechanischen Stufe durchgeführt, und ist die Vergleichsplatte mit einer Indexmarkierung versehen. Die Identität jeder Vergleichsmarkierung in Bezug auf die Indexmarkierung wird aus Positions-Grobinformation von der elektromechanischen Stufe erhalten, oder durch elektronisches Zählen des Durchgangs jeder Vergleichsmarkierung hinter dem Abbildungsgerät. In einem zweiten Schritt wird die Position des geometrischen Zentrums jeder Sondenspitze in Bezug auf benachbarte Vergleichsmarkierungen aus Bildelementinformation (Pixelinformation) von dem elektronischen Abbildungsgerät bestimmt. Diese Positionsinformation wird mit der Positionsinformation bezüglich der benachbarten Vergleichsmarkierungen vereinigt, um exakt die absolute Position des Zentrums einer betreffenden Sondenspitze in Bezug auf die Indexmarkierung zu bestimmen. Dieser Vorgang kann für darauffolgende Sondenspitzen wiederholt werden, so daß die Position jeder Sondenspitze in Bezug auf die angegebene Indexmarkierung auf der Vergleichsplatte bekannt ist. Daraus folgt, daß die Relativposition jeder gemessenen Sondenspitze in Bezug auf die anderen Sondenspitzen ebenfalls bekannt ist.

DE 200 04 439 U1

Bei einer anderen, alternativen Ausführungsform der Erfindung wird ein Aluminium-beschichteter Siliziumwafer während eines Heißschrubbversuches von einer Sondenkarte "geschrubbt", unter Verwendung eines Gerätes, welches als "Sondenvorrichtung" bezeichnet wird. Mit dem Heißschrubbversuch wird eine Gruppe trogförmiger Markierungen auf einem Aluminium-beschichteten Halbleiterdie erzeugt. Diese Markierungen werden dann von der Einrichtung durch die erfindungsgemäße Vergleichsplatte untersucht. Diese Information ist nützlich für die Konstruktion, die Reparatur und die Kalibrierung von Sondenkarten.

Die Erfindung wird nachstehend anhand zeichnerisch dargestellter Ausführungsbeispiele näher beschrieben, aus welchen weitere Vorteile und Merkmale hervorgehen. Es zeigt:

- Fig. 1 eine Perspektivansicht einer Halbleiter-Sondenkartenuntersuchungs- und Überarbeitungsstation, welche das Sondenkartenuntersuchungssystem gemäß der vorliegenden Erfindung verwendet;
- Fig. 2 eine schematische Aufsicht auf das Sondenkartenuntersuchungssystem;
- Fig. 3 eine schematische Vorderansicht des Sondenkartenuntersuchungssystems;
- Fig. 3a eine vergrößerte, schematische Darstellung eines Teils eines optischen Untersystems gemäß der vorliegenden Erfindung;

09.03.00

- Fig. 4 eine schematische Seitenansicht des Sondenkartenuntersuchungssystems;
- Fig. 5 eine isometrische Perspektivansicht einer Vergleichsplatte, die von dem Sondenkartenuntersuchungssystem eingesetzt wird;
- Fig. 6 eine vergrößerte, schematische Darstellung eines eingekreisten Bereiches 6 von Figur 5;
- Fig. 7 eine vergrößerte Teilschnittansicht entlang der Linie 7-7 von Figur 5 zur Erläuterung der Topologie der Vergleichsplatte;
- Fig. 8 eine schematische Darstellung eines optischen "Stiftkisseneffekts" des Vergleichsplattenbildes in einem elektronischen Abbildungssystem;
- Fig. 9 eine mathematische Darstellung des in Figur 8 dargestellten Bereichs;
- Fig. 10 eine isometrische Ansicht einer alternativen Ausführungsform der Erfindung zur Bestimmung der Relativpositionen, Abmessungen und Orientierungen von Schrubbmarkierungen auf einem Halbleiterwafer infolge eines Heißschrubbversuches unter Einsatz der erfindungsgemäßen Verfahren;
- Fig. 11 eine schematische Aufsicht auf einen Aluminium-beschichteten Halbleiterwafer, auf welchem infolge eines Heißschrubbversuches Schrubbmarkierungen vorhanden sind;

DE 200 04 439 U1

09.03.00

Fig. 12 eine vergrößerte Ansicht eines umkreisten Bereichs 12 von Figur 11, wobei Schrubbmarkierungen infolge einer Landung mit Hinausfahren einer Sondenkarte vorhanden sind;

Fig. 13 eine vergrößerte Darstellung von Schrubbmarkierungen im umkreisten Bereich 13 von Figur 12;

Fig. 14 eine schematische Aufsicht auf den Aluminiumbeschichteten Halbleiterwafer von Figur 11 mit einer darauf befindlichen Vergleichsplatte; und

Fig. 15 eine vergrößerte Ansicht eines umkreisten Bereiches 15 von Figur 14 mit einer Schrubbmarkierung mit dieser überlagerten Vergleichsmarkierungen.

Eine Halbleitersondenkartenuntersuchungs- und Überarbeitungsstation, welche die vorliegende Erfindung einsetzt, ist insgesamt in Figur 1 mit dem Bezugszeichen 10 bezeichnet. Die Station wird von einem Benutzer 12 benutzt. Die Station weist einen Personalcomputer 14 zur Überwachung und Betätigung einer elektromechanischen Einheit 16 zur Untersuchung und Überarbeitung einer Sondenkarte (nicht gezeigt) in Form einer gedruckten Halbleiterschaltung auf. Die elektromechanische Einheit 16 enthält ein Mikroskop 18, einen Träger 20 für die Halbleitersondenkarte, und eine Orthogonalbewegungsstufe 22. Die Überarbeitungsstation 10 enthält weiterhin eine Signalverarbeitungseinrichtung 24, die elektrisch mit der elektromechanischen Einheit 16 und dem Computer 14 über ein Mehrfachleiterkabel 26 verbunden ist. Der Benutzer 12 kann die Bewegung der Orthogonalbewegungsstufe 22 steuern, und verschiedene

DE 200 04 439 U1

09.03.00  
14

Versuche mit einer Sondenkarte durchführen, die in dem Sondenkartenträger 20 enthalten ist, mit Hilfe des Personalcomputers 14.

Die elektromechanische Einheit 16 weist ein Sondenkartenuntersuchungssystem gemäß der vorliegenden Erfindung auf, das insgesamt in den Figuren 2 bis 4 mit dem Bezugszeichen 30 bezeichnet ist. Das System enthält einen X-Achsenträger 32 und einen Y-Achsenträger 34, welche die Orthogonalbewegungsstufe 22 bilden. Eine geeignete Stufe, welche Steuerschaltungen und Software umfaßt, ist unter verschiedenen Modellbezeichnungen von Applied Precision, Inc., Issaquah, Washington, dem Inhaber der vorliegenden Erfindung, erhältlich. Die Orthogonalbewegungsstufe 22 weist weiterhin einen Z-Achsenträger auf, der schematisch mit dem Bezugszeichen 36 bezeichnet ist, um die X- und Y-Achsenträger in Vertikalrichtung zu positionieren.

Das Sondenkartenuntersuchungssystem 30 weist ein elektronisches Abbildungsgerät 40 auf, welches ein ladungsgekoppeltes Gerät (nachstehend als CCD bezeichnet) 44 aufweist, das ein Pixelfeld von 768 x 493 enthält, um die Spitzen 48 von Sonden 46 auf einer Vergleichsplatte 50 abzubilden. Ein geeignetes elektronisches Abbildungsgerät wird von der Sony Corporation, Japan, unter der Modellbezeichnung XC-77BB hergestellt.

Die Sondenkarte (nicht gezeigt) ist abnehmbar mit dem Sondenkartenträger 20 verbunden, und starr über der Vergleichsplatte 50 aufgehängt. Das elektronische Abbildungsgerät 40 erzeugt ein elektronisches Bild der Spitze 48 der Sonde 46, sowie eines Musters, welches vorzugsweise lithographisch auf der Vergleichsplatte 50 angebracht wird,

DE 200 04 439 U1

09.03.00

wie dies nachstehend noch genauer erläutert wird. Das sich ergebende Bild wird daraufhin von der Signalverarbeitungseinrichtung 24 und dem Personalcomputer 14 verarbeitet. Zu diesem Zweck haltet der Y-Achsenträger 34 ein optisches Gestellteil 54 mit einer quasi-monochromatischen Beleuchtungsvorrichtung 56, ein Dunkelfeld-Strahlteilerprisma 58 und eine Vorderlinse 60, die zusammen eine vertikale optische Achse festlegen. Eine zweite, quer verlaufende optische Achse 70 wird durch das elektronische Abbildungsgerät 40, ein erstes Prisma 62, eine Hauptabbildungslinse 64, ein zweites Prisma 66 und eine Fokussierungslinse 68 festgelegt. Die Fokussierungslinse 68 richtet die horizontale optische Achse 70 auf ein Dunkelfeld-Strahlteilerprisma 58 über die Vorderlinse 60 auf die Vergleichsplatte 50 und die Spitze 48 der Sonde 46. Die Beleuchtungsvorrichtung 56 weist eine LED 71 mit einer Wellenlänge von 624 nm auf, die durch einen Kugelspiegel 71 (a) durch den Strahlteiler 58 und auf die Vergleichsplatte 50 fokussiert wird.

Wie nachstehend noch genauer erläutert wird, und auch aus Figur 3a hervorgeht, wird ein vergrößertes Bild der LED-Emissionsoberfläche 57 auf der oberen (äußeren) Oberfläche 82 der Vergleichsplatte 50 durch eine Konkavspiegelgruppe 56 ausgebildet. Ein sanfter Diffusor 59 gleicht dieses Bild aus, um eine gleichmäßige Beleuchtung der Sondenspitzen über eine vorbestimmte Fläche zu erzeugen. Die Diagonale des Strahlteilers 58 ist unbeschichtet, abgesehen von einer Aluminium-beschichteten Fläche 58a in der Nähe des Zentrums. Licht von 56 geht über 58a zur Vergleichsplatte. Wenn keine Sondenspitze oder keine Vergleichsmarkierungen vorhanden sind, geht das von der Oberfläche 82 reflektierte Licht um 58a herum, und wird kein Licht von 58a zur

DE 200 04 439 U1



09.03.00

Objektivlinse 68 reflektiert. Sind Markierungen oder Spitzen vorhanden, wird Licht in 58a hineingestreut, das dann zur Kamera 40 geleitet wird. Diese Ausführungsform stellt eine Form der Dunkelfeldabbildung dar. Die Vorderlinse 60 sitzt in einem Teflon-Gehäuse 60a, welches als Lager für die untere Oberfläche 80 der Vergleichsplatte 50 dient, und die Aufrechterhaltung der Fokussierung unterstützt, wenn mit der in Figur 3a gezeigten Optik eine Translationsbewegung über die untere Oberfläche 80 der Vergleichsplatte 50 durchgeführt wird. Die Vorderlinse erleichtert die Dunkelfeldabbildung durch Einrichten des Aluminium-beschichteten Bereiches 58a als Eintrittspupille für die Abbildungsoptik. Dies führt dazu, daß reflektierte Beleuchtung von irgendeiner ebenen Oberfläche, die oberhalb der Kugeloberfläche der Linse 60 auftaucht, die senkrecht zur optischen Achse 0-0 liegt, vollständig die verspiegelte Öffnung 58a verfehlt, und nicht zur Kamera gelangt. Die Tatsache, daß die Pupille auf der Diagonale des Prismas liegt, und daher in Bezug auf die optische Achse verkippt ist, beeinträchtigt nicht die Dunkelfeldeigenschaften. Diese Oberflächen umfassen die Vergleichsplattenoberflächen 80 und 82 und die ebene Seite der Linse 60. Die optische Achse 0-0 wird durch 58a auf 0'-0' reflektiert, die durch das Zentrum der Linsengruppe 68 hindurchgeht, welche die Vergleichsplattenoberfläche 82 nach unendlich abbildet.

Das erste Prisma 62 weist ein Paar von Rechteckprismen auf, und ist in Bezug auf den X-Achsenträger 32 auf einer Halterung 72 gehalten. Das elektronische Abbildungsgerät 40, das zweite Prisma 66 und die Hauptabbildungslinse 64 sind in Bezug auf ein externes Gestellteil 74 befestigt, wie dies aus Figur 2 hervorgeht. Berücksichtigt man, daß das Y-Achsendgestell 34 in Bezug auf das X-Achsendgestell 32

DE 200 04 439 U1

09.03.00  
17

beweglich ist und auf diesem aufliegt, so wird Fachleuten deutlich werden, daß die horizontale optische Achse 70 (nachstehend als die Sondenspitzenbildachse bezeichnet) während der unabhängigen Bewegung des X-Achsenträgers und des Y-Achsenträgers kollimiert bleibt. Ein Z-Achsenträger, der schematisch durch das Bezugszeichen 36 bezeichnet ist, führt eine Vertikalpositionierung der Vorderlinse 60 in Kontakt mit einer unteren Oberfläche 80 der Vergleichsplatte 50 zum Abbilden der Sondenspitze 48 durch. Daher kann bei dieser bevorzugten Ausführungsform eine Gruppe von Sondenspitzen abgebildet und gemessen werden, ohne die Sondenspitzen in Bezug auf die Vergleichsplatte zu bewegen. Zusätzlich kann der Z-Achsenträger dazu eingesetzt werden, einen Luftspalt zwischen der Vergleichsplatte und der Vorderlinse bereitzustellen. Ein Luftspalt mit den Abmessungen eines 2000stel Zoll kann durch eine Lageroberfläche in Form eines Rings 60 aufrechterhalten werden, um einen Abrieb der optischen Oberflächen 60 und 80 zu verhindern. Das optische Gestellteil 54 kann weiterhin durch eine Feder gegen die untere Oberfläche 80 der Vergleichsplatte vorgespannt werden, um den Spalt mit einer Größe von einem 2000stel Zoll aufrechtzuerhalten.

Fachleute auf diesem Gebiet werden feststellen, daß in Abhängigkeit von der Größe des CCD-Arrays 44, dem Teilungsabstand (also der Dichte) der Sonde 46 auf der Sondenkarte (nicht gezeigt) in Form einer gedruckten Schaltung, und dem Vergrößerungsfaktor der Sondenspitzenbildachse 70 eine oder mehrere Sondenspitzen 48 gleichzeitig durch das elektronische Abbildungssystem 40 abgebildet werden können. Wenn die voranstehenden Faktoren nicht so gewählt werden, daß sämtliche Sondenspitzen gleichzeitig abgebildet werden, kann dann die

DE 200 04 439 U1

09.03.00

Orthogonalbewegungsstufe eine geeignete Positionierung der Vorderlinse 60 vornehmen, so daß das elektronische Abbildungsgerät 40 jede Sondenspitze abbilden kann, oder hintereinander in Gruppen von Sondenspitzen. Darüber hinaus kann die Fokussierungslinse 64 so gewählt sein, daß verschiedene Brennweiten vorgesehen werden, um eine elektronische Abbildung aller Sondenspitzen oder von weniger als allen Sondenspitzen gleichzeitig durchzuführen, auf eine Art und Weise, wie dies Fachleuten wohlbekannt ist.

Die Vergleichsplatte 50, die in den Figuren 5 bis 7 gezeigt ist, weist eine untere Oberfläche 80 zum Berühren der Vorderlinse 60 auf, und eine obere Kontaktoberfläche 82 zum Kontakt mit einer oder mehreren der Sondenspitzen 48. Die Vergleichsplatte 80 weist ein Substrat 84 auf, welches vorzugsweise aus Glas mit optischer Qualität, aus Quarz oder einem Saphirkristall hergestellt ist. Eine zentral angeordnete, rechteckige Fläche 86 weist in sich ein sich wiederholendes Muster auf, beispielsweise durch photolithographische Dampfablagerung. Die in Figur 6 dargestellte, vergrößerte Fläche zeigt eine bevorzugte Ausführungsform dieses sich wiederholenden Musters, das aus einer Indexmarkierung 90 und mehreren Vergleichszielen oder -markierungen 92 besteht, die in einem zweidimensionalen Feld angeordnet sind, das mathematisch durch kartesische Koordinaten (X, Y) bezeichnet wird, wobei die Indexmarkierung 90 an der Koordinate (0, 0) liegt. Bei der bevorzugten Ausführungsform besteht die Vergleichsplatte aus einer einzelnen Platte aus Glas mit optischer Qualität, aus Quarz, oder aus Saphir. Wie am deutlichsten aus Figur 7 hervorgeht, besteht bei einer alternativen Ausführungsform der Erfindung die obere Kontaktoberfläche 82 der Vergleichsplatte 50 aus einer quadratischen Vertiefung 96, die annähernd 900 Angström

DE 200 04 439 U1

09.03.00

tief in die Platte hineingeätzt ist, beispielsweise durch einen Säureätzschritt. Die Vergleichsmarkierung 92 wird dann in einem Metallisierungsschritt abgelagert, so daß sie die Vertiefung 96 ausfüllt. Ein bevorzugtes Metall für die Vergleichsmarkierung 92 ist Chrom. Die sich ergebende obere Kontaktoberfläche 82 weist eine Oberflächenebenheit von annähernd 2 Wellen pro 25,4 mm bei 632,8 nm auf. Wahlweise kann eine Nitridbeschichtung mit einem Viertel der Wellenlänge der monochromatischen Lichtquelle 56 über der gesamten rechteckigen Fläche 86 abgelagert sein, um eine gleichmäßig glatte Oberfläche zu erzielen.

Wie aus den Figuren 6 und 7 hervorgeht, sind die Vergleichsmarkierungen 92 quadratische Inseln aus einem harten Metall mit einer Länge 97 und einer Breite 97 von annähernd 2,25  $\mu\text{m}$ , in einem Zentrumsabstand 98 von 25  $\mu\text{m}$ . Die Fläche 100 zwischen den Vergleichsmarkierungen 92 ist vorzugsweise optisch transparent, so daß eine Sondenspitze 48, oder mehrere Sondenspitzen, durch die untere Oberfläche 80 und die obere Oberfläche 82 mit Hilfe der ersten Fokussierungslinse 60 abgebildet werden kann. Eine typische Halbleitersondenkartensonde 46 wird aus einem relativ harten Material wie beispielsweise Wolfram hergestellt. Die Spitze 48 einer typischen Sonde 46 im neuen Zustand kann eine gekrümmte Oberfläche aufweisen, die einen kreisförmigen Querschnitt hat. Eine Sondenspitze der geschilderten Art kann typischerweise einen Krümmungsradius von 80  $\mu\text{m}$  und eine Querschnittsbreite von 20  $\mu\text{m}$  aufweisen. Im Gebrauch wird die Oberfläche der Sondenspitze 48 weniger kugelförmig, infolge entweder Verschleiß oder von Reinigungsvorgängen, die zum Entfernen von Oxid eingesetzt werden, das sich auf der Sondenspitze infolge mehrerer Landungen auf Aluminiumoxidoberflächen aufgebaut hat. Daher nimmt die Form

DE 200 04 439 U1

09.03.00

der Oberfläche der Sondenspitze annähernd die Form einer kreisringförmigen oder elliptischen, ebenen Oberfläche an, deren Hauptabmessung normalerweise nicht 20 µm überschreitet. Wenn daher eine Sondenspitze 48 in Kontakt mit der rechteckigen Fläche 86 steht, welche die Betrachtungsoberfläche des Sondenkartenuntersuchungssystems 30 bildet, paßt daher die Sondenspitze entweder zwischen die Vergleichsmarkierungen 92, oder deckt möglicherweise eine der Markierungen ab, jedoch nicht zwei oder mehr Vergleichsmarkierungen. Dies führt dazu, daß ein digitales Bild einer oder mehrerer Sondenspitzen 46, dem in Figur 6 gezeigten Muster überlagert, in dem elektronischen Abbildungsgerät erzeugt wird. Dieses Bild wird in der Signalverarbeitungseinrichtung 24 und dem Personalcomputer 14 für die Analyse verarbeitet. Die Signalverarbeitungseinrichtung enthält eine geeignete Videoaufnahmeplatine, wie sie beispielsweise von Matrox Graphics, Inc., Montreal, Canada unter der Modellbezeichnung Pulsar hergestellt wird.

Im Gebrauch ordnet der Benutzer 12 eine Sondenkarte (nicht gezeigt) in Form einer gedruckten Schaltung, die mehrere Sonden 46 aufweist, in dem Sondenkartenträger 20 an. Die Vergleichsplatte 50 wird dann so angeordnet, daß die obere Kontaktoberfläche 82 in Kontakt mit den Sondenspitzen steht, so daß die Sondenspitzen auf der rechteckigen Fläche 86 liegen. Dann werden die Klemmen 52 so eingestellt, daß die Sonden 46 entweder in ihre Landepositionen oder "Hinausfahrpositionen" gedrückt werden, auf eine Art und Weise, wie dies Fachleuten wohlbekannt ist. Die Klemmen 52 können durch Daumenschrauben oder dergleichen (nicht gezeigt) eingestellt werden, mit einer starren Beilagscheibe zwischen der Sondenkarte und dem Sondenkartenträger 20. Der Benutzer

DE 2000 04 439 U1

09.03.00

12 kann das Mikroskop 18 als Unterstützung bei diesem Vorgang einsetzen. Darüber hinaus kann der Vertikalbereich für Verschiebungen mehrere Sondenspitzen 48 gegenüber einer idealen Horizontalebene vorher festgelegt werden, durch den Einsatz verschiedener bekannter Verfahren und Geräte, wie sie beispielsweise in dem US-Patent Nr. 4 918 374 von Stewart et al, oder in dem US-Paten Nr. 5 657 394 von Schwartz et al, beschrieben sind, deren Offenbarung durch Bezugnahme eingeschlossen wird.

Sobald die Sondenspitzen 48 in Kontakt mit der oberen Kontakttoberfläche 82 in der Nähe der rechteckigen Fläche 86 angeordnet wurden, so daß sämtliche Sondenspitzen entweder in ihrer Landelage oder ihrer Hinausfahrlage angeordnet sind, wird die Orthogonalbewegungsstufe 22 so betätigt, daß die Indexmarkierung 90 sichtbar wird. Der Benutzer oder das System 30 identifiziert dann eine erste Sondenspitze für die Untersuchung in Bezug auf die Indexmarkierung. Hierbei wird eine Sondenspitze, die vorzugsweise am nächsten an der Indexmarkierung 90 liegt, identifiziert, und wird die Orthogonalbewegungsstufe 22 so betätigt, daß deren Bild innerhalb des CCD-Arrays 44 angeordnet wird. Das sich ergebende Bild kann auf dem Personalcomputer 14 angezeigt werden, und von dem Benutzer 12 betrachtet werden. Das System 30 kann beispielsweise ein Sondenspitzenbild 110 erzeugen, das in den Figuren 6 und 9 dargestellt ist, und zwischen Zielen (2,0); (1,0); (2,1); und (1,1) liegt. Bei diesem hypothetischen Beispiel sind die Relativpositionen dieser vier Vergleichsziele 92 mit hoher Genauigkeit in Bezug auf die Indexmarkierung 90 bekannt, infolge der photolithographischen Genauigkeit, mit welcher die Ziele 92 und die Indexmarkierung 90 auf der Vergleichsplatte 50

DE 2000 04 439 U1

abgelagert wurden. Mit diesen Verfahren sind Genauigkeiten deutlich unterhalb von 1  $\mu\text{m}$  routinemäßig erzielbar.

Das System 30 bestimmt als nächstes die Relativposition des Sondenspitzenbildes 110 in Bezug auf die vier Vergleichsziele, die voranstehend festgestellt wurden. Ein typischer CCD-Array weist benachbarte Pixel auf, die eine Zentrumsentfernung von annähernd 7 bis 12  $\mu\text{m}$  aufweisen. Bei einer Vergrößerung des Abbildungssystems von 20x liegen daher annähernd 50 Pixel zwischen jeweils zwei Vergleichsmarkierungen 92. Anders ausgedrückt nimmt abhängig von der Vergrößerung der Abbildungsachse 70 das Bild der voranstehend geschilderten vier identifizierten Vergleichsziele und des Sondenspitzenbildes 110 auf dem CCD-Array 44 ein Feld von 50 x 50 Pixeln ein. Vorzugsweise wird das Bild um annähernd das 20fache vergrößert, bevor es auf das CCD-Array 44 fokussiert wird. Ein zweidimensionaler Graph der Bildintensitätsamplitude in Abhängigkeit von der Pixelposition ergibt eine zweidimensionale Verteilung des Sondenspitzenbildes 110. Das mathematische Zentrum 112 dieser Verteilung kann einfach durch ein Verfahren bestimmt werden, das Fachleuten auf diesem Gebiet als "Klecksanalyse" bekannt ist, und vorzugsweise in Form von Software in dem Personalcomputer 14 vorgesehen ist. Ein geeignetes Bilduntersuchungssoftwarepaket für diese Zentrumsberechnung ist von Matrox Graphics, Inc., Montreal, Canada verfügbar. Dasselbe Verfahren wird zur Bestimmung der Pixelposition der Indexmarkierung 90 und der Ziele 92 eingesetzt. Die Entfernung zwischen Pixeln ist mit hoher Genauigkeit bekannt, und daraus wird die Entfernung zwischen dem Sondenspitzenbildzentrum 112 und der Indexmarkierung 90 berechnet. Der Benutzer oder das System 30 kann dann irgendeine andere Sondenspitze auswählen, die in Kontakt mit

der rechteckigen Fläche 86 steht, für eine darauffolgende Positionsbestimmung, erneut in Bezug auf die Indexmarkierung 90. Der hier verwendete Begriff "Zentrum" bezeichnet das mathematische Zentrum eines Sondenspitzenbildes, das Zentrum der Kontaktfläche der Sondenspitze mit der Vergleichsplatte, oder das Zentrum der Intensität des Sondenspitzenbildes, oder irgendeinen anderen, vorbestimmten, eindeutigen Ort auf der Sondenspitze.

Wenn ein niedriger Vergrößerungsfaktor bei der Sondenspitzenbildachse 70 eingesetzt wird, können die Positionen mehrerer Sonden gleichzeitig dadurch bestimmt werden, daß die voranstehend geschilderte Untersuchung bei dem gesamten Bild durchgeführt wird. Bei der Alternative kann die Orthogonalbewegungsstufe 22 so betätigt werden, daß die Vorderlinse 60 unterhalb einer kleineren Gruppe von Sondenspitzen angeordnet wird, oder unter einer einzelnen Sondenspitze 48. Wie Fachleuten bekannt ist, führt das System 30 keine Bezugnahme der Position irgendeiner der Sonden auf die Orthogonalbewegungsstufe 22, den Sondenkartenträger 20, oder irgendeinen anderen Bezugspunkt außerhalb der rechteckigen Fläche 86 durch. Darüber hinaus werden die Relativpositionen der Sondenspitzen 48 in Bezug aufeinander mathematisch für jede Sondenspitze in Bezug auf die Indexmarkierung 90 bestimmt, oder bei der Alternative in Bezug auf ein ausgewähltes Ziel unter den Vergleichszielen 92. Zwar wurde eine bestimmte Indexmarkierung 90 in Figur 6 als bevorzugte Ausführungsform beschrieben, jedoch kann jedes Ziel 92 als "Indexmarkierung" von dem System 30 verwendet werden, unter der Voraussetzung, daß seine kartesischen Koordinaten eindeutig von dem System 30 gespeichert werden. Die Genauigkeit des Systems beruht daher vollständig auf der Genauigkeit der photolithographisch angeordneten Ziele 92,



09.03.00

und hängt nicht von der Genauigkeit der Orthogonalbewegungsstufe 22 oder irgendeiner anderen mechanischen Einrichtung in dem System ab. Da die Sondenspitzen in Bezug auf das Koordinatensystem gemessen werden, das durch die Vergleichsplatte festgelegt wird, wird eine leichte Gierbewegung der Stufe in Bezug auf die Vergleichsplatte und/oder jeder leichte optische Vergrößerungsfehler automatisch ausgeschaltet, wenn ein Minimum von vier Vergleichsmarkierungen die Sondenspitze innerhalb des Bildes auf dem CCD-Array begrenzt. Aus diesem Grund kann das System eine Genauigkeit von besser als  $\pm 0,6 \mu\text{m}$  erzielen. Diese Genauigkeit wird nur durch die Entwicklung der Photolithographie begrenzt, und verbessert sich entsprechend Fortschritten auf diesem Gebiet. Darüber hinaus bleibt das System relativ unbeeinflusst von mechanischem Verschleiß, Temperaturänderungen und dergleichen, da die gesamte Genauigkeit des Systems in der Vergleichsplatte 50 steckt. Wenn das Substrat 84 aus einem Material mit niedrigem Wärmeausdehnungskoeffizienten hergestellt wird, und aus einem mechanisch starren Material, beispielsweise Quarz oder Saphir, bleibt das System über große Temperaturbereiche und lange Zeiträume exakt.

Allerdings können bei dem System Ungenauigkeiten in dem optischen System auftreten, das durch die Sondenspitzenbildachse 70 definiert ist. Unter verschiedenen Vergrößerungsfaktoren kann daher die rechteckige Fläche 86 optisch so verzerrt werden, daß sich ein "Stiftkisseneffekt" ergibt, der schematisch und übertrieben in Figur 8 dargestellt ist. Wie aus diesem Beispiel hervorgeht, kann eine Gruppe von vier Vergleichszielen, etwa jenen, die unter der Bezeichnung "Figur 9" in Figur 8 dargestellt sind, in Bezug auf das rechteckige Pixelfeld in dem CCD-Array 44

DE 200 04 439 U1

09.03.00  
25

verdreht erscheinen. Weiterhin muß, wenn ein von Eins abweichender Vergrößerungsfaktor in der Bildachse 70 eingesetzt wird, ein Skalierungsfaktor während der mathematischen Analyse des Bildes auf dem CCD-Array 44 angebracht werden.

Figur 9 erläutert ein bevorzugtes Verfahren zum Korrigieren der anscheinenden Drehung von Vergleichszielen 92 in Bezug auf das CCD-Array 44, und zur exakten Bestimmung der horizontalen und vertikalen (beispielsweise X, Y) Position des geometrischen Zentrums 112 des Sondenspitzenbildes 110. Wie Fachleute auf diesem Gebiet wissen, stellt die einfache rechteckige Geometrie eine mathematische Einrichtung zum Korrigieren der anscheinenden Drehung des Feldes der Vergleichsziele 92 in Bezug auf das CCD-Array 44 dar, wobei  $\alpha$  den Drehwinkel angibt:

$$\tan \alpha = [d_b/d_a]$$

Hierbei bezeichnet  $d_a$  die projizierte X-Pixelverschiebung zwischen Zielen (2,0) und (1,0) auf dem CCD-Array 44, und bezeichnet  $d_b$  die projizierte Y-Verschiebung des Vergleichszieles (2,0) und (1,0) in Bezug auf die entsprechende Reihe von Pixeln auf dem CCD-Array 44. Der Skalenfaktor des Bildes ist gleich dem Produkt des Kosinus des Drehwinkels  $\alpha$  und des Verhältnisses der X-Entfernung zwischen Vergleichszielen ( $d_{grid}$ ) 92 und der Entfernung zwischen entsprechenden Pixeln (eine Anzahl von d Pixeln) auf dem CCD-Array 44 im Idealfall, in welchem das Ziel-Array und das CCD-Array bei einer Vergrößerung von Eins ausgerichtet sind. Daher gilt:

DE 2000 04 439 U1

09.03.00

$$\text{Skalierungsfaktor } (\mu\text{m/Pixel}) = \cos(\alpha) [d_{\text{grid}}/d_{\text{pixel}}]$$

Hieraus und unter Bezugnahme auf Figur 9 ergibt sich die Horizontalentfernung zwischen einer Linie, welche Vergleichsziele (2,0) und (2,1) und das geometrische Zentrum 112 der Sondenspitze (beispielsweise  $d_x$ ) verbindet, folgendermaßen:

$$d_x = \cos(\alpha) [(d_1 + d_3) (\text{Skalenfaktor})]$$

Hierbei ist  $d_3 = [d_2] \tan(\alpha)$ ; wobei  $d_1$  und  $d_2$  direkt durch Zählen von Pixeln und Multiplikation der Entfernung zwischen Pixeln gemessen werden.

Anders ausgedrückt stellt  $d_x$  die Horizontalverschiebung des Bildzentrums 112 gegenüber einer Vertikallinie dar, welche Ziele (2,0) und (2,1) verbindet, wobei  $d_y$  die Vertikalverschiebung des Bildzentrums 112 gegenüber einer Horizontallinie angibt, welche Vergleichsziele (2,0) und (1,0) verbindet.  $d_y$  wird entsprechend berechnet. Die voranstehenden Berechnungen können von Fachleuten auf diesem Gebiet einfach in den Personalcomputer 14 einprogrammiert werden. Zur Erhöhung der Genauigkeit kann dieser Vorgang für die anderen Vergleichsziele 1,0; 1,1; und 3,1 wiederholt werden, und eine Mittlung der Ergebnisse erfolgen.

Unter Berücksichtigung der Beschreibung und der beigefügten Zeichnungen können Fachleute die hier geschilderten Grundlagen bei alternativen Ausführungsformen der Erfindung einsetzen. Beispielsweise stellt die voranstehend geschilderte, bevorzugte Ausführungsform nur Relativhorizontalpositionsinformation von Sondenspitzen 46 in einem Sondenkartefeld zur Verfügung. Das voranstehend

DE 200 04 439 U1

geschilderte System stellt jedoch keine Relativpositionsinformation in Bezug auf die Sondenspitzen 46 in einer senkrechten Achse zur Verfügung. Die Vergleichsplatte 50 kann mit einer zusätzlichen, leitfähigen Landefläche 120 versehen sein, um die Z-Achsensondenposition auf herkömmliche Weise zu bestimmen. Bei dieser alternativen Ausführungsform kann die Vergleichsplatte 50 mechanisch mit der Z-Achsenstufe 36 verbunden sein, zur unabhängigen Bewegung bezüglich der Orthogonalbewegungsstufe 22 (so daß beispielsweise die Orthogonalbewegungsstufe am Gestellteil 74 befestigt ist, und von der Z-Achsenstufe unabhängig ist). Zusätzlich kann ein isolierter, leitfähiger Punkt 124 vorgesehen werden, um die Sondenspitzenposition entlang der Z-Achse zu bestimmen, für über einen Bus angeschlossene Sonden, wie dies Fachleuten wohlbekannt ist.

Bei einer anderen alternativen Ausführungsform der Erfindung können die Vergleichsmarkierungen 92 und die Indexmarkierung 90 auf der unteren Oberfläche 80 der Vergleichsplatte 50 abgelagert sein. Eine zweite monochromatische Lichtquelle, die identisch zur monochromatischen Beleuchtungsquelle 56 ist, jedoch bei einer unterschiedlichen Wellenlänge arbeitet, wird dann eingesetzt. Durch geeignete Auswahl der Trennentfernung der oberen Oberfläche 82 und der unteren Oberfläche 80, und durch Korrelation dieser Trennentfernung mit dem Unterschied der Wellenlängen der beiden Lichtquellen stimmt das Bild der oberen Oberfläche 82 und der unteren Oberfläche 80 mit den Vergleichsmarkierungen 92 auf der Brennebene des CCD-Arrays 44 überein. Auf diese Weise wird ein identisches Bild erzeugt, wie dies in den Figuren 6, 8 und 9 gezeigt ist, jedoch tritt bei den Vergleichsmarkierungen 92 kein Verschleiß infolge der Hinausfahrbewegung der Sondenspitzen 48 auf.

Eine zusätzliche, alternative Ausführungsform der Erfindung ist insgesamt mit dem Bezugszeichen 130 in Figur 10 bezeichnet. Diese alternative Ausführungsform weist eine Schrubbmarkierungsuntersuchungsstation 132 auf, die ein Basisteil 134 aufweist, eine insgesamt mit dem Bezugszeichen 136 bezeichnete X-Y-Stufe, und ein auf dieser gehaltenes vertikales Halterungsteil 138. Die X-Y-Stufe weist computergesteuerte Mikropositionierungsmotoren auf, beispielsweise mit 140 bezeichnet, die über Kabel 142 auf eine Fachleuten wohlbekannte Weise gesteuert werden. Das Vertikalhalterungsteil 138 weist eine motorisierte Z-Achsenstufe 146 auf, die computergesteuert über Kabel 148 betrieben wird, um in Vertikalrichtung ein elektronisches Abbildungssystem 150 mit einem ladungsgekoppelten Gerät (CCD) zur Vertikalbewegung in Bezug auf die X-Y-Stufe 136 zu positionieren. Der Wafer, der von der (nicht dargestellten) X-Y-Stufe gehalten wird, hält einen Standard-Siliziumwafer 152, der in einem wesentlichen Abschnitt auf seiner oberen Oberfläche 154 mit einer Metallbeschichtung versehen wurde, wie dies am deutlichsten aus Figur 11 hervorgeht. Wie in Figur 11 besonders deutlich gezeigt ist, wurde vorher mit dem Wafer ein Heißschrubbversuch durchgeführt, bei welchem der Siliziumwafer bezüglich der Temperatur auf die Betriebstemperatur eines betriebsfähigen Halbleiter-Dies angehoben wurde. Unter Einsatz einer Sondenvorrichtung werden dann die Sondenspitzen der betreffenden Sondenkarte auf die metallisierte Oberfläche 154 gedrückt, um eine Gruppe von Schrubbmarkierungsmustern einzudrücken, die in den Figuren 12 und 13 gezeigt sind, auf der metallisierten Oberfläche. Die Schrubbmarkierungen sind Vertiefungen oder Tröge, die in die Oberfläche des metallisierten Halbleiterwafers so eingedrückt werden, daß

09.03.00  
29

exakt die Schrubbmarkierungen abgebildet werden, die auf den metallisierten Verbindungsanschlußflächen eines betriebsfähigen Halbleiter-Dies auftauchen, der mit der Sondenkarte untersucht wird. Zwei derartige Schrubbmarkierungen 160, 162 sind schematisch in Figur 13 dargestellt. Diese Schrubbmarkierung weist einen Startpunkt 164, 166 auf, der die Position auf dem Wafer angibt, an welchem jede Sonde am Anfang auf der oberen Oberfläche 154 gelandet ist. Wenn die Sonde weiter gegen die obere Oberfläche heruntergedrückt wird, gräbt die Sondenspitze einen unregelmäßigen Trog in die metallisierte Schicht entlang einer Hauptachse 168, 170 bis zu einem Endpunkt 172, 174. Darüber hinaus kann der Trog eine unregelmäßige Breite aufweisen, die durch seine kleinere Achse 176, 178 bestimmt ist. Die Orientierung  $\theta$ , die Länge der Hauptachse 172, 174 und die Breite der kleineren Achse 176, 178, die Form der Schrubbmarkierungen 164, 166 sowie die Entfernung 180 zwischen diesen stellen sämtlich wichtige Daten für die Konstruktion, die Kalibrierung, die Reparatur und die Überarbeitung der Halbleitersondenkarte dar, zusätzlich zu der Information, die durch direkte Untersuchung der Sonden selbst bereitgestellt wird, wie dies voranstehend beschrieben wurde. Zu diesem Zweck stellt die alternative Ausführungsform 130 der Erfindung quantitative Daten für jede der voranstehend geschilderten Variablen zur Verfügung, mittels direkter Messung über den Einsatz einer Vergleichsplatte 50', die in Figur 10 dargestellt ist, und eine Vergleichsmarkenfläche 180 aufweist, die am deutlichsten in Figur 14 dargestellt ist. Die Vergleichsplatte 50 ist im wesentlichen gleich der Vergleichsplatte 50' gemäß der bevorzugten Ausführungsform, und weist eine Gruppe von Vergleichsmarkierungen 92 entsprechend den

DE 200 04 439 U1

Vergleichsmarkierungen 92' der bevorzugten Ausführungsform auf. Auch eine Indexmarkierung 90' kann vorgesehen sein.

Im Einsatz wird die Vergleichsplatte 50' oben auf dem Siliziumwafer 152 angeordnet, bei welchem die Heißtestschrubbmarken vorhanden sind, wie dies in den Figuren 11 bis 13 gezeigt ist. Diese Anordnung wird beispielsweise mit (nicht gezeigten) Mikroskopgleitklemmen an der Aufspannvorrichtung (nicht dargestellt) festgeklemmt, die mit der in Figur 10 dargestellten X-Y-Stufe 136 verbunden ist. Das CCD-Elektronikabbildungssystem 150 weist ein CCD-Abbildungsgerät 40' auf, eine Beleuchtungsquelle 71', eine Objektivabbildungslinse 60' sowie eine optische Anordnung 68', in der Form und Funktion ähnlich wie ein herkömmliches Mikroskop. Das elektronische Abbildungssystem 150 erzeugt daher ein Bild, welches schematisch in Figur 15 dargestellt ist, einer oder mehrerer Schrubbmarkierungen, von denen eine typische mit dem Bezugszeichen 160 bezeichnet und in Figur 15 dargestellt ist, mit hierauf überlagerten Vergleichsmarkierungen 92' und der Indexmarkierung 90'. Ähnlich wie dies bei der bevorzugten Ausführungsform beschrieben wurde, können die Größe, Form, Länge, Breite und Orientierung der Schrubbmarkierung 160 in Bezug auf die Vergleichsmarkierungen 92 und/oder die Indexmarkierung 90' bestimmt werden. Auch die zweite, benachbarte Vergleichsmarkierung 162, die in Figur 13 gezeigt ist, kann auf diese Weise abgebildet werden. Die Relativpositionen der Schrubbmarkierungen, einschließlich ihrer Start- und Endpunkte in Bezug aufeinander, werden auf diese Weise festgelegt. Diese Information ist wertvoll bei der Konstruktion, der Untersuchung und/oder Überarbeitung einer bestimmten Sondenkarte, da hierdurch bekannt wird, wie die Sondenkartensonden auf Belastung reagieren, bei einer

09.03.00  
31

Betriebstemperatur entsprechend der erhöhten Temperatur eines Halbleiter-Dies im Betrieb.

Die Erfindung ist daher nicht durch die voranstehende Beschreibung beschränkt, da sich Wesen und Umfang der Erfindung aus der Gesamtheit der Anmeldeunterlagen ergeben und von den beigefügten Ansprüchen umfaßt sein sollen.

DE 200 04 439 U1



05.05.00

SCHUTZANSPRÜCHE

1. Sondenkartenuntersuchungssystem zur Bestimmung der Relativpositionen von Sondenspitzen, die allgemein bekannte Abmessungen aufweisen, und allgemein bekannte Positionen auf einer Sondenkarte, wobei vorgesehen sind:

eine Vergleichsplatte, auf welcher mehrere regelmäßig angeordnete, optisch wahrnehmbare Vergleichsmarkierungen vorgesehen sind, welche in vorbestimmten, bekannten Abständen angeordnet sind, wobei die Vergleichsplatte weiterhin eine Kontaktoberfläche für mehrere der Sondenspitzen festlegt;

ein elektronisches Abbildungsgerät mit mehreren Abbildungselementen, die in einem adressierbaren Feld angeordnet sind, wobei jedes Element wesentlich kleiner ist als eine erwartete Größe eines Bildes einer ersten Sondenspitze;

eine optische Vorrichtung zur Ausbildung eines Bildes mehrerer der Vergleichsmarkierungen und der ersten Sondenspitze in Kontakt mit der Kontaktoberfläche auf dem Abbildungsgerät; und

eine Bildverarbeitungsvorrichtung zum Adressieren jedes der Abbildungselemente, um exakt ein Zentrum des ersten Sondenspitzenbildes und die Relativentfernung und Richtung des ersten Sondenspitzenbildzentrums in Bezug auf ein Bild einer der Vergleichsmarkierungen zu bestimmen, wodurch Relativpositionen der ersten Sondenspitze und einer zweiten Sondenspitze in gleichzeitigem Kontakt mit der Kontaktoberfläche und von

DE 200 04 439 U1

05.05.01

der Bildverarbeitungsvorrichtung abgebildet,  
festgestellt werden können.

2. Sondenkartenuntersuchungssystem nach Anspruch 1,  
dadurch g e k e n n z e i c h n e t , daß die  
Vergleichsmarkierungen im wesentlichen koplanar zur  
Kontakttoberfläche angeordnet sind.
3. Sondenkartenuntersuchungssystem nach Anspruch 2,  
dadurch g e k e n n z e i c h n e t , daß die  
Vergleichsmarkierungen als mehrere metallisierte  
Schichten ausgebildet sind, die durch  
photolithographische Verfahren auf der Vergleichsplatte  
durch Dampfablagerung ausgebildet sind.
4. Sondenkartenuntersuchungssystem nach Anspruch 1,  
dadurch g e k e n n z e i c h n e t , daß die  
Vergleichsmarkierungen im wesentlichen entsprechend  
einer erwarteten Größe einer ersten Sondenspitze in  
einem zweidimensionalen Feld beabstandet angeordnet  
sind.
5. Sondenkartenuntersuchungssystem nach Anspruch 4,  
dadurch g e k e n n z e i c h n e t , daß die  
Vergleichsmarkierungen Quadrate mit Seitenlängen von  
2,25  $\mu\text{m}$  sind.
6. Sondenkartenuntersuchungssystem nach Anspruch 4,  
dadurch g e k e n n z e i c h n e t , daß die  
Abbildungselemente in einem zweidimensionalen Feld mit  
Zentrumsentfernungen von 10,0  $\mu\text{m}$  beabstandet angeordnet  
sind.

DE 200 04 439 U1

05.05.00

7. Sondenkartenuntersuchungssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Vergleichsplatte und das Abbildungsgerät ausreichend groß sind, um gleichzeitig mehrere der Sondenspitzen abzubilden.
8. Sondenkartenuntersuchungssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Bildverarbeitungsvorrichtung exakt eine Position eines Bildes des zweiten Sondenspitzenzentrums bestimmt, und die Relativentfernung und die Richtung des zweiten Sondenspitzenbildes aus einem Bild einer anderen der Vergleichsmarkierungen bestimmt.
9. Sondenkartenuntersuchungssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Vergleichsplatte im wesentlichen transparent ist.
10. Sondenkartenuntersuchungssystem nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Vergleichsplatte eine obere und hierzu parallele untere Oberfläche aufweist, und daß die Kontaktoberfläche auf der oberen Oberfläche vorgesehen ist, und die Vergleichsmarkierungen auf der unteren Oberfläche.
11. Sondenkartenuntersuchungssystem zur Bestimmung der Relativpositionen im wesentlichen gleichförmiger Sondenspitzen mit im allgemeinen bekannten Größen, und mit im allgemeinen bekannten Positionen auf einer Sondenkarte, wobei vorgesehen sind:

eine Vergleichsplatte mit mehreren regelmäßig angeordneten, optisch wahrnehmbaren

DE 2000 04 439 U1

05.05.01

Vergleichsmarkierungen auf der Vergleichsplatte, wobei die Vergleichsmarkierungen in regelmäßigen Abständen beabstandet angeordnet sind, und die Vergleichsplatte weiterhin eine Kontaktoberfläche mit einer Fläche ausbildet, die ausreichend groß ist, um gleichzeitig sämtliche Sondenspitzen zu kontaktieren;

ein elektronisches Abbildungsgerät, welches mehrere Abbildungselemente aufweist, die in einem adressierbaren Feld angeordnet sind, wobei jedes Element wesentlich kleiner ist als die erwartete Größe eines Sondenspitzenbildes;

eine optische Vorrichtung zur Ausbildung eines Bildes von zumindest vier Vergleichsmarkierungen und von mehreren Sondenspitzen in Kontakt mit der Kontaktoberfläche, auf dem Abbildungsgerät; und

eine Bildbearbeitungsvorrichtung zum Adressieren der Abbildungselemente, um exakt Zentren der Sondenspitzenbilder sowie Relativentfernungen und Richtungen der Zentren der Sondenspitzenbilder in Bezug auf die Vergleichsmarkierungsbilder zu bestimmen, wodurch die Relativposition der abgebildeten Sondenspitzen, wenn sie in gleichzeitigem Kontakt mit der Kontaktoberfläche stehen, bestimmt wird.

12. Sondenkartenuntersuchungssystem nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Vergleichsmarkierungen im wesentlichen koplanar zur Kontaktoberfläche angeordnet sind.

13. Sondenkartenuntersuchungssystem nach Anspruch 12,

DE 200 04 439 U1

05.05.00

dadurch gekennzeichnet, daß die Vergleichsmarkierungen als mehrere metallisierte Schichten ausgebildet sind, die durch photolithographische Verfahren mittels Dampfablagerung auf der Vergleichsplatte hergestellt sind.

14. Sondenkartenuntersuchungssystem nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Vergleichsmarkierungen einen Zentrumsabstand von 25 Mikrometer in einem zweidimensionalen Feld aufweisen.
15. Sondenkartenuntersuchungssystem nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Vergleichsmarkierungen Quadrate mit Seitenlängen von 2,25  $\mu\text{m}$  sind.
16. Sondenkartenuntersuchungssystem nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Abbildungselemente in einem zweidimensionalen Feld mit Zentrumsentfernungen von 10,0  $\mu\text{m}$  beabstandet angeordnet sind.
17. Sondenkartenuntersuchungssystem nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Vergleichsplatte ein Quarzfenster ist.
18. Sondenkartenuntersuchungssystem nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Vergleichsplatte eine obere und eine parallel hierzu angeordnete untere Oberfläche aufweist, und daß die Kontaktoberfläche auf der oberen Fläche angeordnet ist, und die Vergleichsmarkierungen auf der unteren Oberfläche angeordnet sind.

DE 200 04 439 U1

05.05.00

19. Sondenkartenuntersuchungssystem nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Vergleichsplatte im wesentlichen transparent ist.

DE 200 04 439 U1

04.07.00

FIG. 1

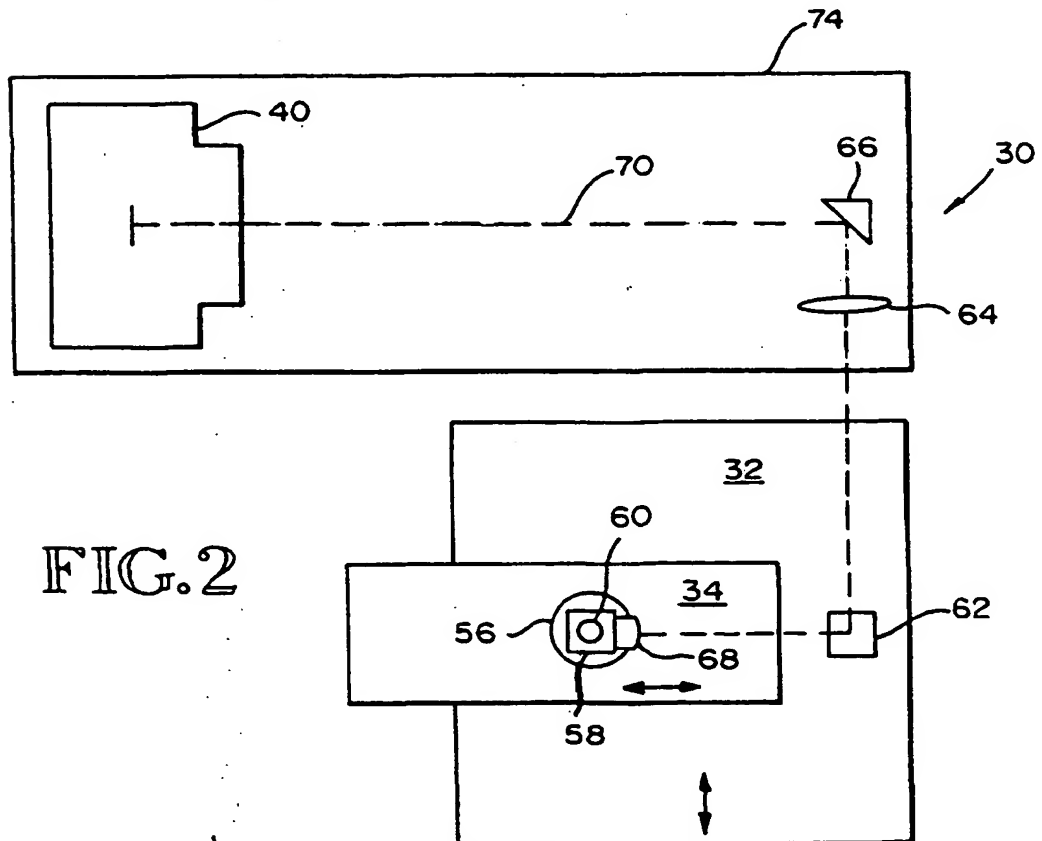
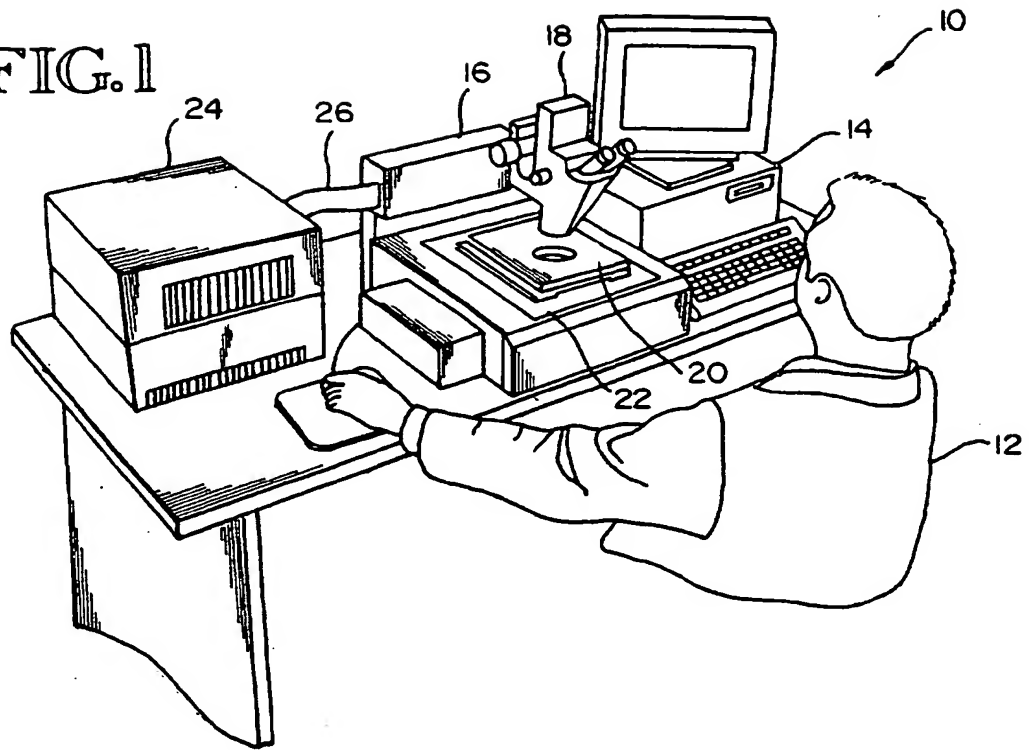


FIG. 2

DE 200 04 439 U1

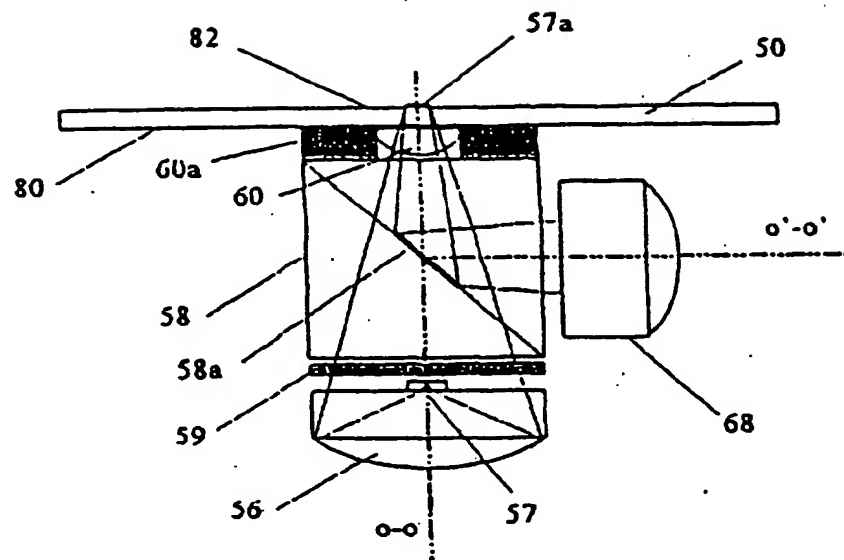
DE 20004439 U1





04-07-00

Fig. 3a-



DE 200 04 439 U1

04:37:00

FIG. 4

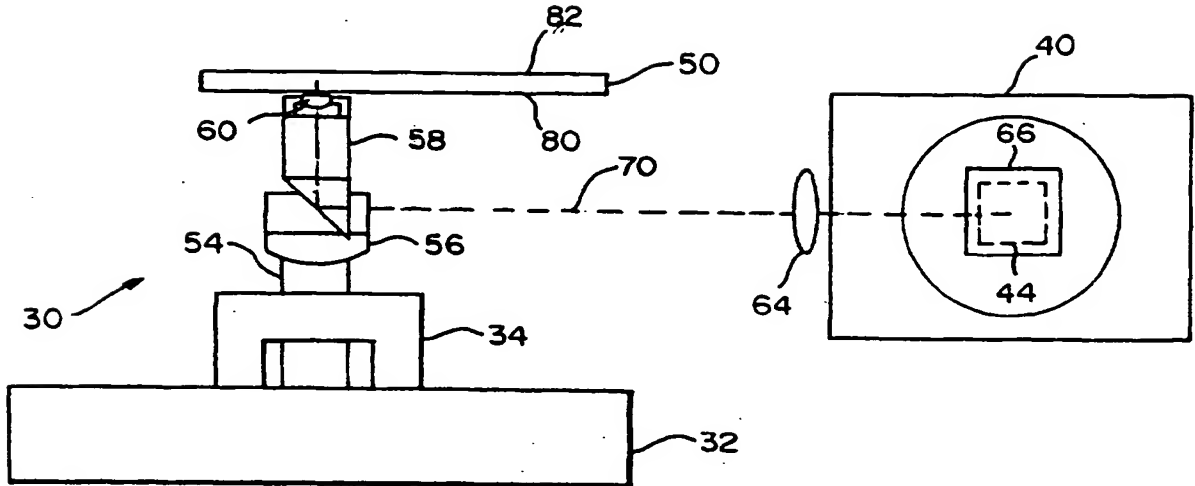


FIG. 5

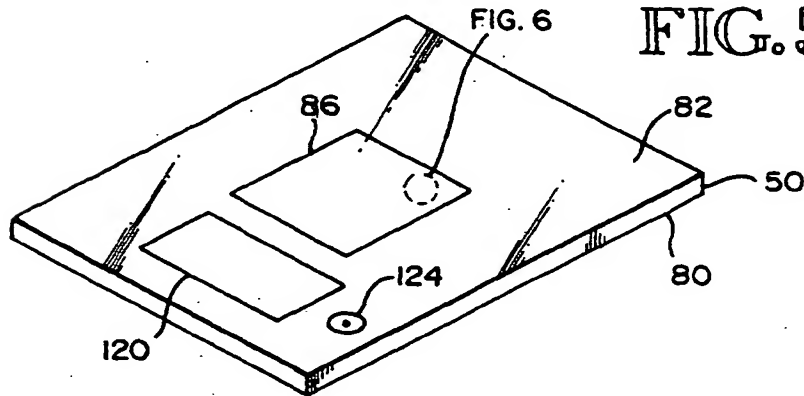


FIG. 7

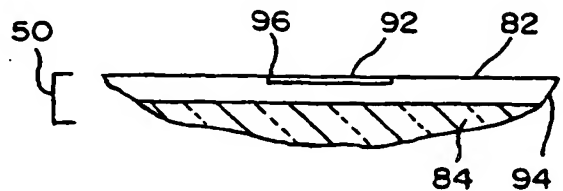
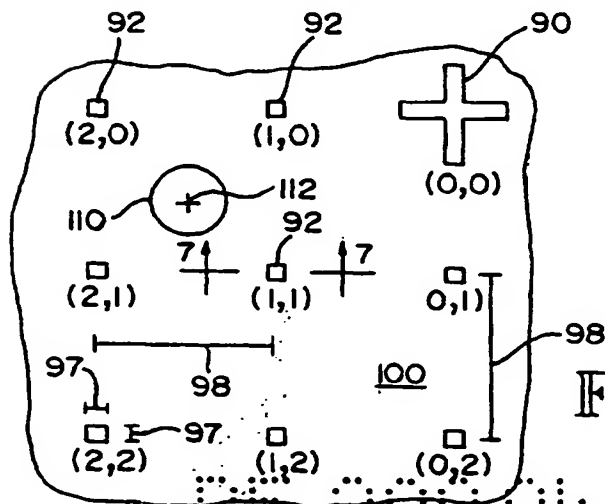


FIG. 6



04.07.00

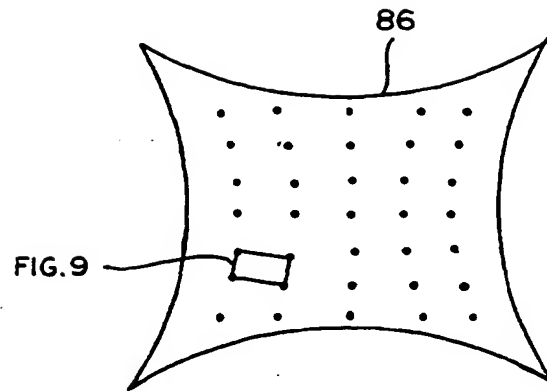


FIG. 8

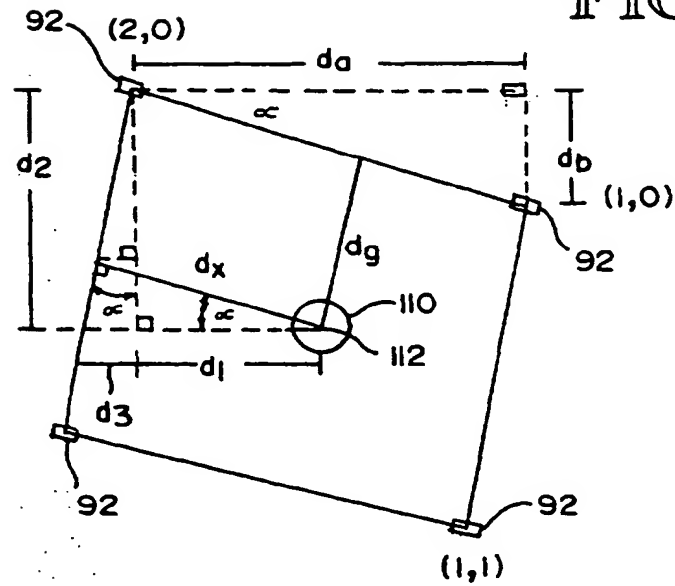


FIG. 9

DE 200 04 439 U1

04-07-00

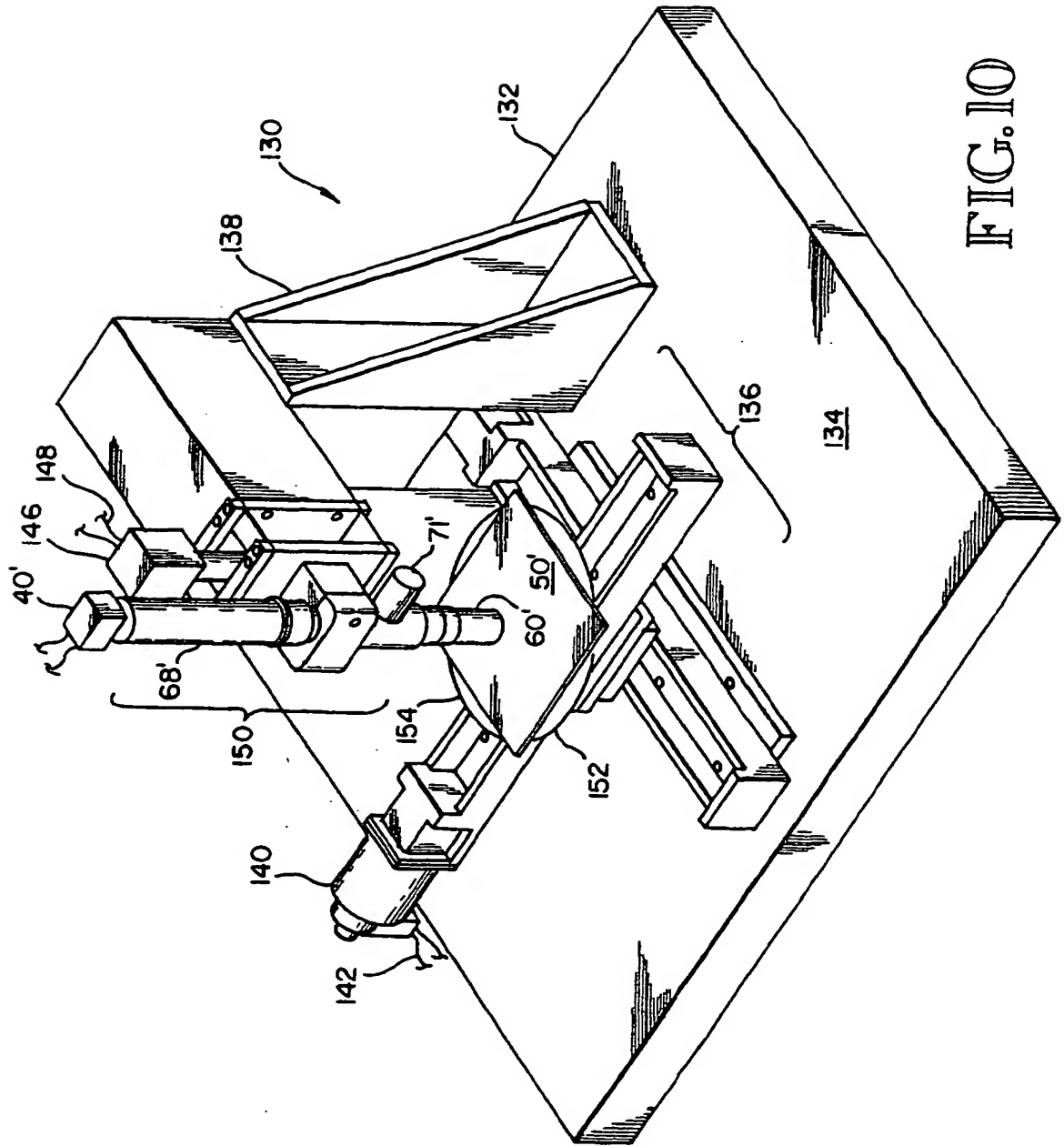


FIG. 10

DE 200 04 439 U1

04.07.00

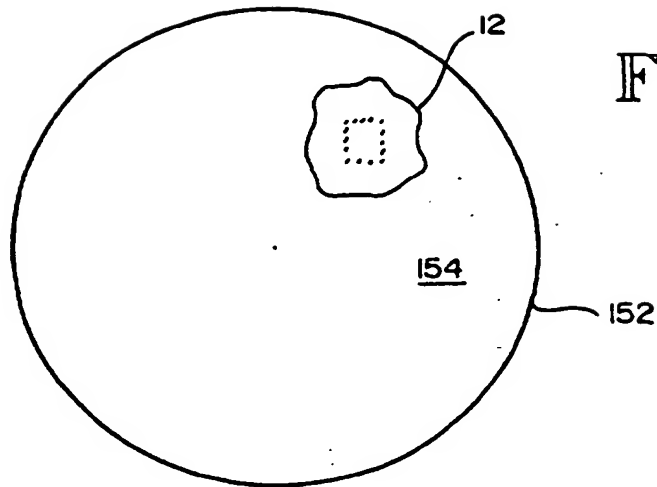


FIG. 11

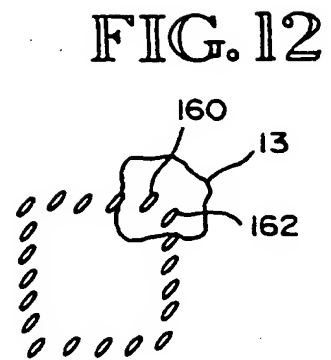


FIG. 12

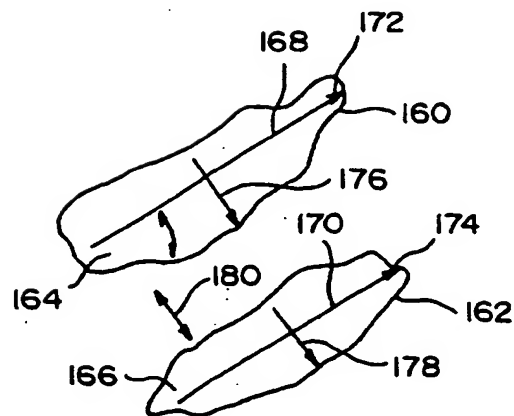


FIG. 13

DE 200 04 439 U1

04.07.00

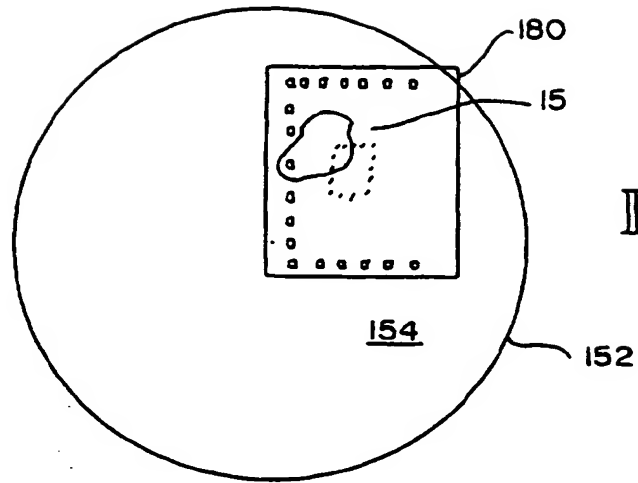


FIG. 14

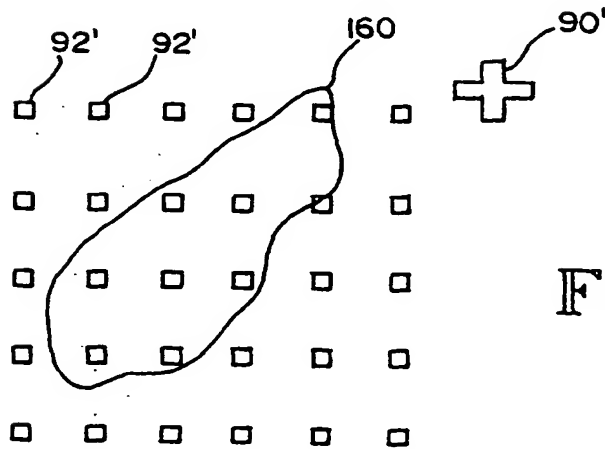


FIG. 15

DE 200 04 439 U1